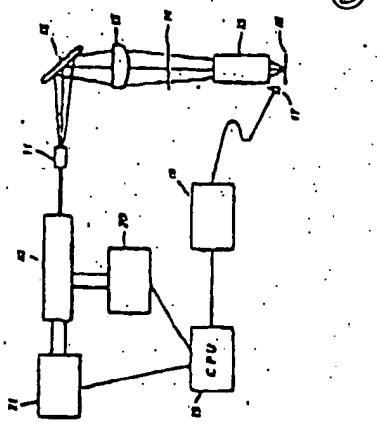
THEREFOR
(11) 63-86593 (A) (43) 16.4.1988 (19) JP
(21) Appl. No. 61-232417 (22) 30.9.1986
(71) KOMATSU LTD (72) YASUHIRO NOZUE(4)
(51) Int. Cl⁴. H01S3/134,G03F7/20,H01L21/30

PURPOSE: To obtain highly exact exposure amount and exposure time on the occasion of the next laser oscillation, by repeating the setting of the following in accordance with the number of times of pulse discharge until a specified amount of exposure is obtained, and, controlling the number of times of pulse discharge so as to be in the desired range; charging voltage of pulse discharge, addition amount of halogen gas to laser gas, and exchange amount of laser gas.

CONSTITUTION: The amount of output energy per pulse detected by an exposure amount detection circuit 18 at the time of laser exposure is integrated, and the number of pulses at the time is also counted. The integrated amount of energy and a specified amount of energy indicating the optimum amount of exposure previously determined are compared. The integration of energy is continued till the integrated amount of energy reaches the specified amount of energy. When the integrated amount of energy becomes equal to the specified amount of energy, a CPU 19 interrupts the laser oscillation, and compares the number of counted pulses and the specified optimum number of pulses. According to the result of the comparison, a charging voltage control part 20 and a gas circulation control part 21 are controlled. Thus the exposure amount and the number of pulses in the next laser oscillation after a specified period are controlled.



(54) EXCIMER LASER DEVICE
(11) 63-119592 (A) (43) 24.5.1988 (19) JP
(21) Appl. No. 61-266007 (22) 7.11.1986
(71) MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (72) KUNIAKI FUKAYA(2)
(51) Int. Cl⁴. H01S3/223

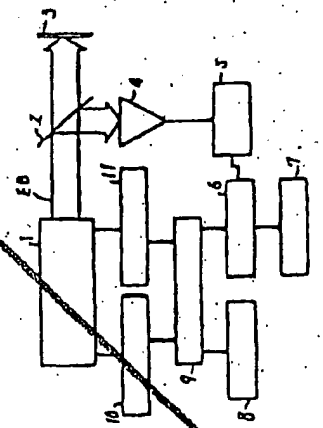
PURPOSE: To make it possible to extend the operating life of a rare-gas-halide based excimer laser, by making the composition ratio of the halide gas in constituent gas, which is sealed in a container, larger than an optimum value.

CONSTITUTION: The composition ratio of halide based gas in constituent gas in a rare-gas-halide based excimer laser oscillator is made larger than the optimum value. The halide based gas is exponentially decreased with respect to the number of exciting pulses. Meanwhile, when the composition ratio of the halide based gas is larger than the optimum value, the output is decreased from the output at the time of the optimum value. Therefore, when the composition ratio of the halide based gas is made larger than the optimum value, the output is gradually increased as the pulses are being excited. When the halide based gas is decreased, and the optimum value is reached, the maximum output is obtained. As the pulse excitation is further performed, the output is gradually decreased, and the life is reached. As a result, the life is elongated to a large extent.

(54) ENERGY QUANTITY CONTROL EQUIPMENT
(11) 4-7683?(A) (43) 13.1.1992 (19) JP
(21) Appl. No. 2-109291 (22) 25.4.1990
(71) NIKON CORP (72) KAZUAKI SUZUKI
(51) Int. Cl⁵. H01S3/104,G03F7/20,H01L21/027

PURPOSE: To always control energy quantity excellently, by adequately taking in applied voltage and oscillation energy quantity for each unit pulse count or each unit time, and updating the relational equation between them by operation.

CONSTITUTION: A computing element 6 takes in data of voltage applied to an energy oscillation source (or actual charged voltage at the time of energy oscillation) and oscillation energy quantity, for each unit pulse count or each unit time, and updates in order, by operation, the relational equation between the applied voltage and the oscillation energy quantity, which is previously stored in a storage means 7. Hence, when variation with time is generated in the relation between the applied voltage or charged voltage and the oscillation energy quantity, the relational equation expressing them is adequately updated in accordance with the variation with time. Thereby superior energy quantity control is always achieved.



5: energy quantity monitoring part, 8: I/O equipment, 9: main control system, 10: trigger control part, 11: applied voltage control part

(54) SEMICONDUCTOR WAVELENGTH CONTROL ELEMENT AND

(Translation of J. -63- 865341

1. Title of the Invention

METHOD AND APPARATUS FOR OUTPUT CONTROL OF EXCIMER LASER

2. Claims

(1) A method for output control of an excimer laser which makes laser oscillation by exciting laser gas consisting of a mixture gas of at least rare gas, halogen gas and buffer gas by pulse discharges, wherein:

the number of pulse discharges at which an exposure quantity becomes a predetermined quantity is counted when exposing; and

when the exposure is stopped, a charging voltage for the pulse discharges, an adding amount of the halogen gas to the laser gas and an exchange amount of the laser gas are re-set according to the counted number of pulse discharges, thereby controlling to make the number of pulse discharges a value within a desired range.

(2) An apparatus for output control of an excimer laser which makes laser oscillation by exciting laser gas consisting of a mixture gas of at least rare gas, halogen gas and buffer gas by pulse discharges, which comprises:

means for counting a number of pulse discharges until an exposure quantity becomes a predetermined quantity;

means for re-setting a charging voltage for the pulse discharge, an adding amount of the halogen gas to the laser gas and an exchange amount of the laser gas in correspondence with a counted value of the counting

means s as to control the number of pulse discharges to a desired number of times.

3. Detailed Description of the Invention

(Field of Industrial Use)

The present invention relates to an excimer laser which is suitable as a light source for exposure of a semiconductor production apparatus, and more particularly to a method and apparatus for output control of the excimer laser.

(Prior Art)

The excimer laser oscillates a laser by scaling a mixture gas of rare gas (Ar, Kr, Xa), halogen (Fe, HCl) and buffer gas (He, Ne) as laser gas into a chamber and exciting the laser gas by making a pulse discharge or the like between resonators consisting of a total reflection mirror and an outgoing mirror. It can make highly efficient and high power oscillation, and particularly in view of its non-coherent characteristic, its application to photolithography and the like is being proceeded.

Conventionally, the excimer laser described above includes a type which controls output as shown in the flowchart of Fig. 3. In the drawing, step 101 detects output energy per pulse, and step 102 samples output energy detected for a predetermined number (N) of sampling. Then, step 103 calculate the mean value of output energy per pulse. And, it is compared with the mean value of predetermined output energy (step 104).

According to the compared result, step 105 adjusts a charging voltage, an exchange amount of the laser gas and an adding amount of halogen gas to the laser gas, and feedback control is made so that the mean value of the output energy becomes the predetermined mean value before an exposure time expires (step 106).

(Problems to be solved by the Invention)

For the excimer laser, however, it is periodically controlled to have an exposure time of about 0.2 second and an exposure suspension time of about 0.8 second. Therefore, the exposure is completed before the output energy per pulse is stabilized. Accordingly, the laser output is hard to stabilize, and it is difficult to make high-precision exposure control. And, where the above-described output control method is used to obtain high-precision exposure, the exposure time is long, and it is hard to keep high-precision exposure time.

The present invention was achieved in view of the circumstances described above, and it is an object of the invention to provide a method and apparatus for output control of an excimer laser capable of obtaining high-precision exposure and exposure time.

(Means and Action for solving the Problems)

The present invention counts the number of pulse discharge until a predetermined exposure quantity is obtained, re-sets a charging voltage of the pulse discharge, an adding amount of the halogen gas to the laser gas

and a changing amount of the laser gas according to the number of pulse discharge, and controls to make the number of the pulse discharge a value within a predetermined range, so that the exposure quantity and the exposure time for the next laser oscillation can be controlled with high accuracy.

(Embodiment)

An embodiment of the invention is described in detail with reference to Fig. 1 and Fig. 2.

Fig. 1 shows one embodiment using an output control device of the excimer laser according to the invention for a reduced size projection exposure device. In Fig. 1, laser light from an excimer laser 10 is led to a reticule 14 through an integrator 11 having its optical axis adjusted, a reflection mirror 12 and a condenser lens 13. Thus, a micro pattern formed on the reticule 14 is transferred from the reticule 14 to a wafer 16 through a reduced size projection lens 15. A detector 17 such as a photodiode is disposed in the neighborhood of the wafer 16. The detector 17 detects scattered light being reflected from the wafer 16 during exposing. Output of the detector 17 is entered an exposure quantity detection circuit 18, which calculates an output energy quantity per pulse of laser light for exposing the wafer 16 from the output of the detector 17 and outputs the calculated value to a central processing unit (CPU) 19. The CPU 19 controls a charging voltage control section 20 and a gas circulation

control section 21 so that the input energy quantity reaches a given exposure quantity by the predetermined number of pulse discharging.

Then, control of the laser output is described with reference to the flowchart of Fig. 2. First, when laser exposure is effected, the output energy quantity per pulse detected by the exposure quantity detecting circuit 18 is calculated in step 201, and the number of pulses at the time is also counted (step 202). Then, the CPU 19 compares the energy quantity calculated in step 203 with given energy indicating the predetermined optimum exposure of the wafer and continues to add up the energy until the total energy quantity becomes the given energy quantity. When the total energy quantity becomes equal to the given energy quantity, the CPU 19 stops the laser oscillation and compares the number of pulse counted with the predetermined optimum number of pulse in step 204. Based on the compared result, the charging voltage control section 20 and the gas circulation control section 21 are controlled to adjust the charging voltage, the adding amount of the halogen gas to the laser gas and the changing amount of the laser gas (step 205), thereby controlling the exposure quantity and the number of pulse in the next laser oscillation performed after a predetermined period of time.

The controlling operation of the CPU 19 in step 205 above has a predetermined priority, and when the CPU 19 detects a decrease in the laser output by the detection output of the detector 17, the control operations to make the adjustment described above are performed one by

one according to the predetermined priority and stopped when the laser output is recovered.

In other words, when the CPU 19 detects a decrease in the laser output according to the flowchart of Fig. 2, it controls, for example, the charging voltage control section 20 as a first step to adjust to increase the charging voltage. When the laser output is recovered by this adjustment, the control is terminated. But, if not, the gas circulation control section 21 is for example controlled to adjust a second step so to add the halogen gas to the laser gas. When the laser output is recovered by this halogen gas adding adjustment, the control is terminated. But, if the laser output cannot be recovered by this control yet, the next step controls for example the gas circulation control section 21 to exchange the laser gas, thereby attempting to recover the laser output the next time and afterward.

And, the control described above is repeated until a predetermined number of chips to be exposed on the wafer 16 is attained (step 206).

Items adjusted by the control made by the CPU 19 are not limited to the three items described above. For example, items (1) a removing amount of impurities is adjusted by controlling the circulating amount of the gas, (2) neon gas is added to the buffer gas, and (3) a gas circulating velocity is adjusted may be added, and any of them may be selected as required. Besides, the scattering light from the wafer was detected by the detector in the embodiment, but the position of the detector may be adjusted so to detect light leaking from the reticule. In addition, an exposure meter

can be used to directly detect the exposure quantity of the laser light for exposing the wafer so to control the laser output.

Therefore, the present invention adjusts the laser charging voltage, the laser gas exchanging amount and the halogen gas adding amount when the laser exposure is stopped, so that it is not necessary to use a high-speed processing IC, and the cost can be reduced, and the size can be made compact.

(Effects of the Invention)

As described above, the present invention re-sets the laser charging voltage, the laser gas exchanging amount and the halogen gas adding amount so to control the number of pulse discharge for obtaining the predetermined exposure quantity to the number of desired pulse discharge. Thus, the high precision exposure quantity and exposure time can be obtained.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a diagram showing one embodiment using a device for output control of an excimer laser according to the invention for a reduced size projection exposure device, Fig. 2 is a diagram showing a flowchart of the output control shown in Fig. 1, and Fig. 3 is a diagram showing a conventional flowchart.

10: Excimer laser

17: Detector

18: Exposure quantity detecting circuit

19: Central processing unit (CPU)

20: Charging voltage control section

21: Gas circulation control section

Fig. 1

21 Gas circulation control section

10 Excimer laser

20 Charging voltage control section

18 Exposure quantity detecting circuit

11 Integrator

12 Reflection mirror

13 Condenser lens

14 Reticule

15 Reduced size projection lens

16 Wafer

Fig. 2

Start

201 Detection of energy per pulse

202 Calculation of the energy quantity

203 Comparison with predetermined energy quantity (equal or not)

204 Comparison with predetermined number of pulses

205 Adjustment of charging voltage, laser gas exchanging amount, halogen gas

adding amount

206 Is a predetermined number of chips achieved?

End

Fig. 3

Start

101 Detection of energy per pulse

102 Is the number of sampling equal to predetermined value N?

103 Calculation of the mean value of energy per pulse

104 Comparison between the mean value and the predetermined value.

105 Adjustment of charging voltage, laser gas exchanging amount, halogen gas

adding amount

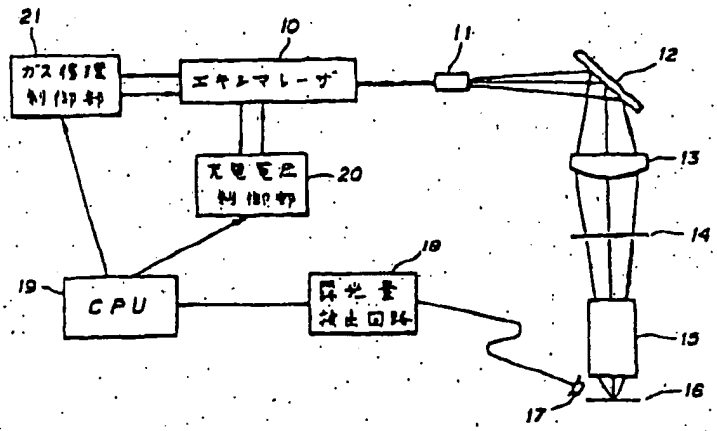
106 Comparison with a predetermined number of pulses (exposure time)

End

□

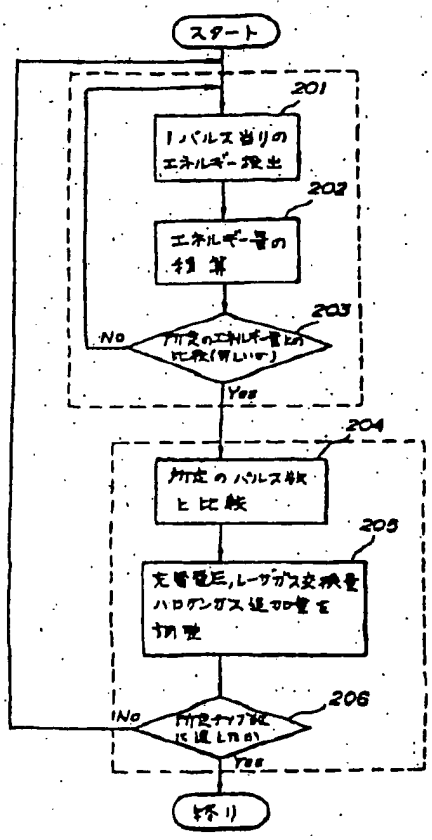
2

1

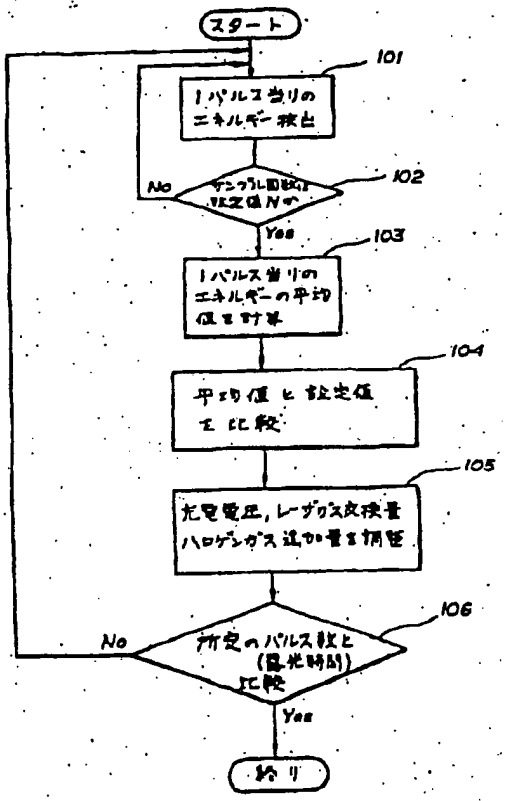


第 1 図

11……インテグレータ
12……反射ミラー
13……コンデンサーレンズ
14……レチクル
15……縮小投影レンズ
16……ウエハ



第 2 図



第 3 図

⑲日本国特許庁(JP)　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報(A)　昭63-86593

⑤Int.Cl.⁴	識別記号	庁内整理番号
H 01 S 3/134		7630-5F
G 03 F 7/20		7124-2H
H 01 L 21/30	301	G-7376-5F
	311	S-7376-5F
		L-7378-5F

⑬公開　昭和63年(1988)4月16日

審査請求　未請求　発明の数 2　(全4頁)

⑭発明の名称　エキシマレーザの出力制御方法およびその装置

⑳特　願　昭61-232417

㉒出　願　昭61(1986)9月30日

㉓発明者　野末　辰博　神奈川県横浜市戸塚区尾月14-18

㉔発明者　伊藤　仙聡　神奈川県平塚市万田18

㉕発明者　若林　理　神奈川県平塚市万田18

㉖発明者　藤本　准一　神奈川県中郡二宮町中里2-3-30

㉗発明者　小若　雅彦　神奈川県平塚市万田18

㉘出願人　株式会社小松製作所　東京都港区赤坂2丁目3番6号

㉙代理人　弁理士　木村　高久

明　細　書

1．発明の名称

エキシマレーザの出力制御方法およびその装置

2．特許請求の範囲

(1) 少なくともネオン、ハロゲンガスおよびバッファガスの混合ガスからなるレーザガスをパルス放電によって励起させることによりレーザ発振を行うエキシマレーザの出力制御方法において、

露光時に、露光量が所定値になる前記パルス放電の回数を計数し、

露光中止時に、該計数したパルス放電の回数に応じて前記パルス放電の充電電圧、レーザガスへの前記ハロゲンガスの追加量およびレーザガスの交換量を再設定し、もって前記パルス放電の回数が所定の前回内の値になるよう制御することを特徴とするエキシマレーザの出力制御方法。

(2) 少なくともネオン、ハロゲンガスおよびバッファガスの混合ガスからなるレーザガスをパルス放電によって励起させることによりレーザ発振を行うエキシマレーザの出力制御装置において、

露光量が所定値になるまでの前記パルス放電の回数を計数する手段と、

前記パルス放電の回数を所望の回数に制御すべく前記パルス放電の充電電圧、レーザガスへの前記ハロゲンガスの追加量およびレーザガスの交換量を前記計数する手段による計数値に対応して再設定する手段と

を具えたことを特徴とするエキシマレーザの出力制御装置。

3．発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、半導体製造装置の露光用光源として好適なエキシマレーザに関し、特にエキシマレーザの出力制御方法およびその装置に関する。

〔従来の技術〕

エキシマレーザは、希ガス(Ar，Kr，

Xe）、ハロゲン（F₂、HCl）およびバッファガス（He、Ne）の混合ガスをレーザガスとしてチャンバ内に封入し、全反射ミラーと出射ミラーとから成る共振器内で前記レーザガスをパルス放電等によって励起させることによりレーザ発振を行なうものであり、高効率、高出力化等を行なうことができ、特にその非コヒーレントな性質からフォトリソグラフィー等への応用が進められている。

従来、このようなエキシマレーザでは、第3図のフローチャートに示すように、出力制御を行うものがある。図において、まずステップ101で1パルス当りの出力エネルギーを検出し、ステップ102で所定のサンプル回数Nだけ検出した出力エネルギーをサンプリングする。次にステップ103で1パルス当りの出力エネルギーの平均値を算出し、この平均値と予め設定された出力エネルギーの平均値の比較を行う（ステップ104）。そしてステップ105で比較結果に応じて、充電電圧、レーザガスの交換量、レーザガスへのハロ

ゲンガスの追加量を図示して露光時間が切れるまで（ステップ108）に出力エネルギーの平均値が設定平均値になるようにフィードバック制御していた。

（発明が解決しようとする問題点）

ところがこのようなエキシマレーザの場合、露光時間は0.2秒程度、露光中止時間は0.8秒程度で周期的にコントロールされているため1パルス当りの出力エネルギーが安定するまでに露光が終了してしまう。このためレーザ出力が安定しにくく、高精度な露光量制御が困難であった。また、上記出力制御法で高精度な露光量を得ようとすると、露光時間が長くなって高精度な露光時間の維持が困難になる。

本発明は上記実情に鑑みなされたもので、高精度な露光量と露光時間を得ることのできるエキシマレーザの出力制御方法およびその装置を提供することを目的とする。

（問題点を解決するための手段および作用）

本発明は、所定露光量になるまでパルス放電の

回数を計数し、該パルス放電の回数に応じてパルス放電の充電電圧、レーザガスへのハロゲンガスの追加量およびレーザガスの交換量を可変として前記パルス放電の回数が所望の範囲内の値になるように制御することによって次のレーザ発振時における露光量および露光時間を高精度に制御することができる。

（実施例）

本発明の実施例を第1図乃至第2図の図面にもとづき詳細に説明する。

第1図は本発明に係るエキシマレーザの出力制御装置を縮小投影露光装置に用いた一実施例を示すものである。第1図において、エキシマレーザ10からのレーザ光は、光軸調整がなされたインテグレータ11、反射ミラー12およびコンデンサーレンズ13を介してレチクル14に導かれる。これによりレチクル14に形成された回路パターンは、レチクル14から縮小投影レンズ15を介してウェハ16上に転写されている。上記ウェハ16の近傍には、フォトダイオード等のディテク

ター17が配置されており、このディテクター17は露光時にウェハ16から反射する散乱光を検出している。ディテクター17の出力は、露光量検出回路18に入力され、露光量検出回路18はディテクター17の出力からウェハ16を露光するレーザ光の1パルス当りの出力エネルギー量を演算し、その値を中央処理回路（CPU）19に出力する。CPU19は入力するエネルギー量が所望のパルス放電の回数で一定の露光量に達するように充電電圧制御部20およびガス導入制御部21を制御する。

次にレーザ出力の制御を第2図のフローチャートにもとづき説明する。まずレーザ露光時にステップ201で、露光量検出回路18で検出された1パルス当りの出力エネルギー量を演算するとともにその時のパルス数も計数する（ステップ202）。次にCPU19は、ステップ203で上記演算したエネルギー量と予め設定されたウェハの最適露光量を示す所定エネルギーとを比較し、演算エネルギー量が所定のエネルギー量になるま

で上記エネルギーの調整を行う。そして照射エネルギー量と所定エネルギー量が等しくなると、ＣＰＵ１９はレーザ発振を中止させ、ステップ２０４で上記計数したパルス数と予め設定された所定の発振パルス数との比較を行う。この比較結果にもとづき、充電電圧制御部２０およびガス循環制御回路２１を制御し、充電電圧、レーザガスへのハロゲンガスの追加量およびレーザガスの交換量を調整させることにより（ステップ２０５）、所定時間後の次のレーザ発振における露光量およびパルス数を制御する。

ところで上記ステップ２０５におけるＣＰＵ１９の制御動作には、所定の優先順位が付けられており、ＣＰＵ１９はディテクター１７の検出出力によりレーザ出力の低下を検出すると、上記調整を行わせる制御動作を所定の優先順位に従って１つづつ実行し、レーザ出力が回復した時点でこの制御動作を中止する。

すなわち、ＣＰＵ１９は第２図のフローチャートにもとづきレーザ出力の低下を検出した場合、

例えば、第１のステップとして充電電圧制御部２０を制御して充電電圧を上げる調整を行わせる。この調整によって、レーザ出力が回復した場合、この時点で制御を終了する。しかし、レーザ出力が回復しない場合は、次に例えばガス循環制御部２１を制御しレーザガスにハロゲンガスを追加させる第２のステップの調整を行わせる。このハロゲンガス追加調整によってレーザ出力が回復した場合、この時点で制御を終了する。しかしこの制御によってもレーザ出力が回復しない場合は、次のステップの例えば、ガス循環制御部２１を制御し、レーザガスの交換を行わせ、次回以降のレーザ出力の回復を図る。

そして、ウェハ１６上に露光される所定のチップ数に達するまで上記制御が繰り返される（ステップ２０６）。

なお、ＣＰＵ１９の制御によって調整される項目は上記３項に限らず、例えば、①ガスの循環量を制御することにより不純物の除去量を調整する、②バッファガスにネオンガスを追加する、③ガス

循環速度を調整する等の項目を加え、この調整項目の中から適宜に選択するようにしてもよい。また実施例ではウェハからの散乱光をディテクターで検出したが、レチクル上からもれる光を検出するようにディテクターの位置を調整してもよい。さらに露光計を用いてウェハを露光するレーザ光の露光量を直接検出し、レーザ出力の制御をすることも可能である。

したがって、本発明では、レーザの充電電圧、レーザガス交換量およびハロゲンガス追加量の調整をレーザの露光中止時に行うので、高速処理のＩＣを使用しなくてもよく、コストの削減と小型化を図ることができる。

（発明の効果）

以上説明したごとく、本発明は、所定の露光量になるパルス放電の回数を所望のパルス放電の回数に制御すべくレーザの充電電圧、レーザガス交換量およびハロゲンガス追加量を再設定するので、高精度な露光量および露光時間を得ることができる。

４．図面の簡単な説明

第１図は、本発明に係るエキシマレーザの出力制御装置を縮小投影露光装置に用いた一実施例を示す図、第２図は第１図の出力制御のフローチャートを示す図、第３図は同じく従来のフローチャートを示す図である。

１０…エキシマレーザ、１７…ディテクター、１８…露光量検出回路、１９…中央処理回路（ＣＰＵ）、２０…充電電圧制御部、２１…ガス循環制御部。

代理人弁理士　木　村　高　久